

DISJONCTEURS ET CONTACTEURS

Disjoncteurs et contacteurs

Introduction	5
1.1. Principales fonctions de l'appareillage de puissance	6
1.2. Différents types d'appareillage	7
1.2.1. Disjoncteurs.....	7
1.2.2. Structure d'un disjoncteur MCCB.....	8
1.2.3. Contacteurs.....	12
1.2.4. Structure d'un contacteur électromagnétique petit calibre.....	12
1.3. Essais électrotechniques	14
1.3.1. Normes électrotechniques	14
1.3.2. Essais normalisés pour les disjoncteurs IEC	14
1.3.3. Essais de laboratoire pour les disjoncteurs.....	15
1.3.4. Essais normalisés pour les contacteurs IEC	15
1.3.5. Essais de laboratoire pour les contacteurs.....	17
1.4. Arc électrique	19
1.4.1. Structure d'un arc électrique	19
1.4.2. Histoire d'un arc électrique à l'ouverture	20
1.4.3. Fonctionnement limiteur	21
Conclusion.....	23

Table des illustrations

Figures

Figures 1.1, 1.2 et 1.3. Vue extérieure de disjoncteurs MCB, MCCB et ACB Merlin Gerin	8
Photographie 1.4. Ampoule de coupure d'un disjoncteur compact NS 160 Merlin Gerin	9
Figure 1.5. Schéma de la ligne de pôle d'une ampoule de coupure de disjoncteur MCCB	10
Photographie 1.6. Vue d'une chambre de coupure d'un disjoncteur MCCB	11
Figure 1.7. Coupe d'un contacteur électromécanique (d'après FECHANT ⁵)	12
Figures 1.8. et 1.9. Chronogramme d'essais de type AC3 et AC4	16
Figure 1.10. Schéma de la structure d'un arc électrique (d'après FECHANT ²⁷)	19
Figure 1.11. Schéma de l'évolution d'un pont fondu symétrique	20
Figure 1.12. Chronogramme illustrant le principe de la limitation en courant	21

Introduction

Les matériaux de contact électrique ont pour mission de permettre l'ouverture et la fermeture physique d'un circuit. Ils sont utilisés dans un grand nombre d'appareils électrotechniques.

Ceux-ci partagent un certain nombre de fonctions élémentaires, que nous présenterons dans la première partie du chapitre.

Les matériaux de contact électriques à matrice argent sont utilisés dans les disjoncteurs et les contacteurs. Nous détaillerons dans la deuxième partie les grandes familles et la structure d'un type particulier de disjoncteur et de contacteur.

L'électrotechnique est régie par un certain nombre de normes et l'adéquation des appareils avec ces normes est validée par des essais normalisés. La recherche des meilleurs matériaux de contact passe aussi par la réalisation d'essais de laboratoire souvent différents des essais normalisés. La présentation des normes, des essais normalisés et des principaux essais de laboratoire fera, elle aussi, l'objet d'une partie de ce chapitre.

La dernière partie sera consacrée à la description des arcs électriques apparaissant dans les disjoncteurs ou les contacteurs lors des essais. Nous présenterons la structure d'un arc électrique ainsi que le déroulement d'une ouverture sous courant, donnant lieu à l'apparition d'un arc électrique.

1.1. Principales fonctions de l'appareillage de puissance

L'appareillage électrique de puissance désigne l'ensemble des systèmes destinés à être reliés à un circuit électrique, en vue¹ :

1. D'assurer la continuité du circuit électrique sans perte excessive d'énergie ;
2. De permettre d'isoler physiquement l'amont de l'aval d'un appareil au moyen d'un diélectrique situé entre les deux bornes du circuit ;
3. De pouvoir à tout instant interrompre le courant de manière rapide, sûre et sans générer de surtension dommageable pour les appareils électriques ;
4. De pouvoir à tout instant fermer le circuit sans souder les contacts.

1.2. Différents types d'appareillage

L'appareillage regroupe plusieurs types de produits : relais, disjoncteurs, contacteurs, transformateurs, etc.

Il est cependant possible de distinguer deux grandes catégories :

- Les produits dont le but est de « rendre l'énergie électrique disponible en toute sécurité, depuis la centrale de production jusqu'à l'habitat individuel »² : c'est la distribution électrique ;
- Ceux dont le but est de « commander, contrôler, protéger, superviser les machines et les installations dans les procédés industriels, les infrastructures et les bâtiments »² : c'est le contrôle industriel.

Deux types d'appareils, les disjoncteurs et les contacteurs appartiennent respectivement à ces deux catégories et présentent un certain nombre de points communs.

1.2.1. Disjoncteurs

La sécurité électrique relève de la protection des installations et des personnes de risques d'origine électrique³. Les disjoncteurs sont des appareils de sécurité électrique : leur rôle consiste à éliminer les défauts d'alimentation électrique, les défauts d'isolement ou de protection des appareils électriques et à protéger les biens et les personnes de tout risque.

Certains disjoncteurs sont différentiels : ils analysent les fuites de courant pour diagnostiquer un défaut et le filtrer. Ils ont aussi un fonctionnement limiteur de surcharge (voir partie 1.4.3).

Il existe plusieurs types de disjoncteurs présentant des aspects, des technologies et des rôles différents :

- Les disjoncteurs limiteurs miniatures ou terminaux, MCB (*miniature circuit breaker*) sont utilisés pour contrôler une partie d'une machine ou d'une installation tertiaire (commerce, bureaux d'une usine, etc.). Ils sont limiteurs mais ils peuvent aussi être différentiels : ils protègent alors aussi les personnes. Ils correspondent dans la gamme Merlin Gerin au « Multi9 » (figure 1.1).

- Les disjoncteurs industriels limiteurs moulés, MCCB (*Moulded case circuit breaker*) fonctionnent pour des intensités plus importantes. Ils sont limiteurs et sont utilisés pour l'alimentation d'un outil ou d'une installation industrielle. Ils correspondent dans la gamme Merlin Gerin au « Compact NS » (figure 1.2).
- Les disjoncteurs de puissance à air, ACB (*air circuit breaker*), sont utilisés pour de fortes intensités. Ils servent à contrôler la distribution électrique dans un tunnel, une usine, etc. Ils correspondent dans la gamme Merlin Gerin au « MasterPact » (figure 1.3).
- Les disjoncteurs moteurs. Leur rôle est de protéger un moteur d'un défaut de courant ou d'un départ trop violent en cas de moteur bloqué. Ils ne sont pas limiteurs.



1.1



1.2



1.3

Figures 1.1, 1.2 et 1.3. Vue extérieure de disjoncteurs MCB, MCCB et ACB Merlin Gerin

Nous allons par la suite nous intéresser aux disjoncteurs MCCB pour en détailler les fonctions.

1.2.2. Structure d'un disjoncteur MCCB

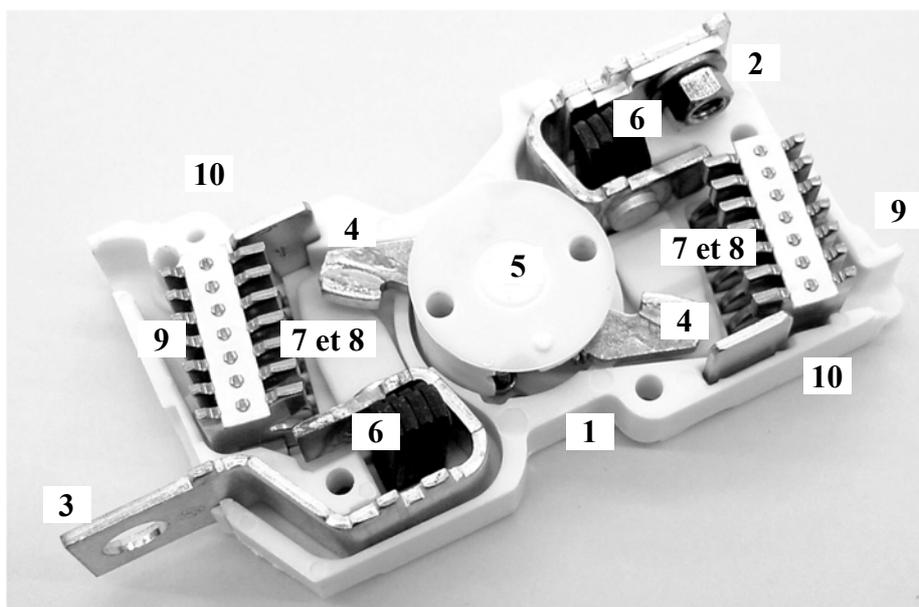
Un disjoncteur MCCB est composé d'un boîtier en matière plastique, d'une ou plusieurs chambres de coupure et d'un dispositif de commande et de disjonction appelé serrure.

1.2.2.1. Boîtier

Généralement réalisé en matières thermoplastiques, il contient tous les organes du disjoncteur et assure la stabilité structurelle, l'esthétique, la protection électrique des personnes qui le manipulent ainsi que la protection du disjoncteur vis-à-vis du milieu extérieur. En revanche, il laisse passer les gaz générés lors de la coupure. Celle-ci se fait dans une ampoule.

1.2.2.2. Ampoule de coupure.

Placée sur chaque phase de l'appareil, elle contient les organes qui assurent la séparation physique entre l'amont et l'aval du circuit. Elle se compose d'une enveloppe en polymère thermodurcissable (partie **1** de la photographie 1.4) dans laquelle est située la partie conductrice du disjoncteur. Il y a une ampoule par phase.



Photographie 1.4. Ampoule de coupure d'un disjoncteur compact NS 160 Merlin Gerin

1 : enveloppe. 2 et 3 : contacts fixes. 4 : contacts mobiles. 5 : barreau flottant. 6 : cales.
7 : joues. 8 : chambres de précoupure. 9 : chambres de coupure. 10 : masse électrique.

1.2.2.2.1. Ligne de pôle

La ligne de pôle est la partie conductrice d'un disjoncteur. Elle se compose d'un contact mobile et de deux contacts fixes (figure 1.5).

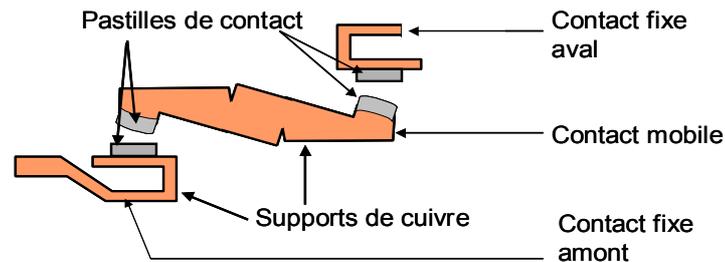


Figure 1.5. Schéma de la ligne de pôle d'une ampoule de coupure de disjoncteur MCCB

On distingue les deux paires de pastilles de contacts, les supports fixes et mobiles de ces pastilles.

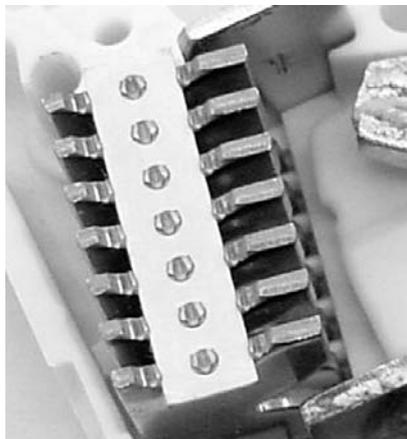
Les arcs électriques apparaissent entre ces contacts lors de l'ouverture ou de la fermeture du circuit :

- Les contacts fixes (2 et 3 de la photographie 1.4) assurent la liaison avec le reste du circuit. L'interface de coupure est constituée d'une pastille d'argent – carbone Ag-C brasée sur un support de cuivre ou de cuivre argenté. Les supports amonts ont des formes de crochet (figure 1.5) permettant de chasser l'arc loin des contacts grâce aux forces de Laplace générées lors du passage du courant ;
- Un contact mobile (4 de la photographie 1.4) avec deux pastilles de contact en composite argent - carbure de tungstène ou en composite argent - carbone. Il est placé dans un barreau flottant (5) qui lui permet d'avoir un mouvement de rotation autour d'un axe. A l'intérieur du barreau, de puissants ressorts sont destinés à écraser les pastilles de contacts mobiles sur celles des contacts fixes. Cet écrasement permet d'améliorer la qualité du contact entre les deux couples de pastilles en augmentant la surface de contact.

1.2.2.2.2. Partie non-conductrice

Les autres pièces ont pour but de limiter les effets des arcs électriques qui apparaissent entre les deux paires de contacts :

- De chaque côté des zones d'apparition de l'arc se trouvent des *joues* (7). Ce sont des flancs de matières plastiques gazogènes destinés à fondre en dégageant de fortes quantités de gaz en présence d'un arc électrique. Il en résulte une augmentation locale de la pression gazeuse qui chasse l'arc lorsque ces matières sont brûlées par l'arc⁴ ;
- La chambre de pré-coupe (8) est le lieu physique de la séparation de l'arc et des contacts. L'arc est ensuite chassé vers la chambre de coupe ;
- La chambre de coupe (9 sur la photographie 1.4, photographie 1.6) est constituée d'ailettes, plaques de métal régulièrement espacées et comportant une encoche destinée à favoriser la disparition de l'arc ;
- Des filtres qui permettent d'évacuer la surpression tout en limitant les manifestations extérieures dues à l'arc (flashes lumineux);
- Une plaque de métal (10) qui sert de masse électrique.



Photographie 1.6. *Vue d'une chambre de coupe d'un disjoncteur MCCB*

La structure en ailette permet de transformer un arc unique en un grand nombre d'arcs ce qui contribue à son extinction

1.2.3. Contacteurs

Les contacteurs sont des composants fondamentaux de l'automatisation : ce sont des appareils de connexion commandable à distance (en général, par un électroaimant). Ils sont capables d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales de fonctionnement, y compris celles de surcharge en service⁵. L'invention des contacteurs au début du vingtième siècle a permis l'essor de l'automatisme.

La commande d'ouverture ou de fermeture du circuit se fait par passage d'un courant dans l'étage de commande du contacteur. Un contacteur doit pouvoir effectuer environ cent fois plus de manœuvres qu'un disjoncteur.

L'actionnement des contacteurs est soit électronique soit électromagnétique. Pour les contacteurs électromagnétiques, l'action conjointe d'une bobine et de ressorts permet l'ouverture ou la fermeture du circuit. L'architecture existe en double coupure ou à simple coupure, à clapet ou à actionnement direct⁶. Les faibles calibres sont dépourvus de dispositif de soufflage. Pour les calibres moyens, le soufflage est réalisé au moyen d'ailettes, comme dans les disjoncteurs. Pour les très gros calibres, il existe des dispositifs magnétiques de soufflage.

1.2.4. Structure d'un contacteur électromagnétique petit calibre

Un contacteur sans dispositif de soufflage est représenté sur la figure 1.7.

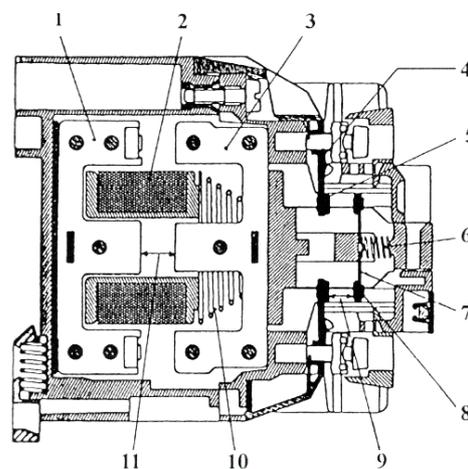


Figure 1.7. Coupe d'un contacteur électromécanique (d'après FECHANT⁵)

On distingue la ligne de pôle, composée d'un pont mobile (7) et de deux parties fixes par phase (4). Le pont mobile possède deux pastilles de contact (8). Chaque partie fixe dispose d'une pastille (5), soit quatre pastilles par phase.

Le pont mobile est relié à son support, le râteau, au moyen d'un ressort (6). Le ressort peut être placé entre le pont et le râteau ou entre le pont et le boîtier. Sur le râteau est fixée l'armature mobile de l'électroaimant (3). Celle-ci est composée d'un ensemble de plaques d'acier au silicium isolées entre elles et assemblées par des rivets pour éviter l'apparition de courants de Foucault⁷.

En mode passant, les parties fixes et mobiles de l'électroaimant (1) se touchent en comprimant un ressort (10) et en enserrant la bobine (2). L'électroaimant peut avoir des formes très diverses (en U, en W) selon le type de courant à couper.

Cet appareil dispose de deux courses, celle de l'électroaimant (11) et celle des contacts (9).

Cette dernière conditionne la distance nécessaire pour passer du mode passant au mode non-passant. Dans le cas d'une fermeture, le pont mobile positionne dans un premier temps les contacts mobiles contre les contacts fixes. Ensuite, l'électroaimant continue sa course en comprimant les ressorts d'écrasement (6) pour appliquer sur les contacts une pression permettant de garantir un bon contact électrique⁸.

La structure et les caractéristiques de l'ensemble du contacteur ont une influence sur la durée de vie des pastilles, notamment au travers des pressions exercées sur les contacts et des vitesses d'ouverture ou de fermeture du circuit⁹.

1.3. Essais électrotechniques

1.3.1. Normes électrotechniques

Les normes sont omniprésentes en électrotechnique. Il en existe trois grandes familles, correspondant à autant de zones géographiques d'influence :

- La norme NEMA (National Electrical Manufacturers Association¹⁰) ou la norme UL (Underwriters Laboratories Inc.¹¹) sont principalement utilisées en Amérique du Nord ;
- La norme JSI¹² est principalement utilisée au Japon et en Extrême-Orient ;
- La norme IEC¹³ est principalement utilisée en Europe.

Nous nous limiterons par la suite aux disjoncteurs et contacteurs IEC.

1.3.2. Essais normalisés pour les disjoncteurs IEC

Les essais sont de plusieurs types :

- Essais d'échauffement en mode passant ;
- Propriétés diélectriques en mode non-passant ;
- Limites et caractéristiques du déclenchement ;
- Aptitude au fonctionnement en service ;
- Pouvoir de coupure en court-circuit.

Ces essais sont organisés en huit séquences d'essais. Ils sont regroupés en deux grandes familles : les essais caractérisant le fonctionnement mécanique du disjoncteur (ouverture correcte du circuit, etc.) et les essais évaluant le comportement électrique.

Les normes mettent l'accent sur l'intensité maximale que peut couper un disjoncteur (et donc la puissance maximale admissible) plutôt que sur l'endurance. Cependant, la question de leur comportement à l'usure en service apparaît comme étant de plus en plus importante.

1.3.3. Essais de laboratoire pour les disjoncteurs

Il existe de très nombreux essais de laboratoire pour les disjoncteurs. Ils sont susceptibles d'être réalisés sur des disjoncteurs complets, des ampoules complètes ou des contacts électriques seuls. Les essais de laboratoire permettent d'étudier de manière plus rapide et moins coûteuse les propriétés d'un matériau ou d'une géométrie de contacts. Ils peuvent permettre de mettre en évidence une partie des caractéristiques des appareils comme par exemple l'échauffement des lignes conductrices, les chocs mécaniques répétés que subissent les contacts. A l'inverse, ils peuvent être les plus proches possibles des essais normalisés dont ils sont issus pour tester les contacts électriques dans des conditions réelles.

1.3.4. Essais normalisés pour les contacteurs IEC

Chaque norme conditionne l'ensemble des choix technologiques faits pour la conception d'un appareil¹⁴. Ainsi, les normes NEMA¹⁵ ou UL¹⁶ définissent la taille des appareils afin qu'ils soient librement interchangeables pour une puissance et une tension données. Les contacteurs NEMA sont, de plus, conçus pour fonctionner de manière satisfaisante pour une durée de vie donnée quel que soit le circuit dans lequel ils sont implantés. En revanche, les contacteurs IEC sont conçus pour une utilisation idéalisée exprimée en terme de catégorie d'emploi. La catégorie d'emploi est le type de courant que le contacteur va avoir à couper ou à établir tout au long de sa vie. Il dépend du type d'appareils présents sur le circuit (moteurs à cage d'écureuil, lampes, etc.). Pour un même calibre, il y a plusieurs catégories d'emploi et donc plusieurs durées de vie. Les contacteurs NEMA ont donc généralement une durée de vie plus importante mais ils sont plus encombrants et font appel à des techniques moins évoluées que les IEC. Un contacteur est usuellement rattaché à une seule catégorie de normes. Les normes fonctionnelles applicables en France sont les normes IEC¹⁷. Il y a seize catégories d'emploi. Quatre d'entre elles se réfèrent aux contacteurs fonctionnant en courant continu (notées DC1 à DC4) et les autres concernent les contacteurs courant alternatif (notées de AC1 à AC8b). Les conditions les plus sévères correspondent aux catégories d'emploi AC3 et AC4¹⁸.

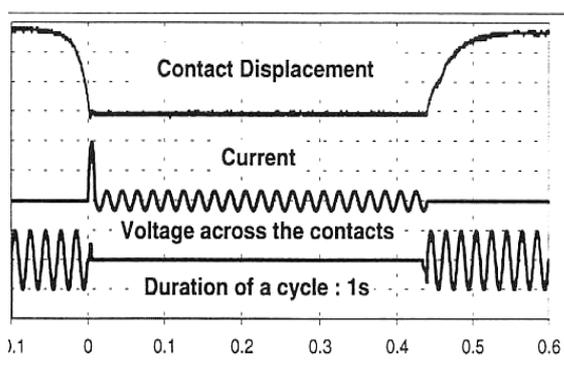
On définit plusieurs types d'essais :

- Les essais d'échauffement normalisés : ils vérifient la stabilité de l'échauffement du contacteur en mode passant uniquement. Ces essais ne dégradent pas les pastilles ;
- Les essais critiques évaluent l'efficacité des contacteurs dans des conditions extrêmes, comme l'essai de détermination du Pouvoir de Fermeture (P.F.). Celui-ci est le courant le plus élevé qu'il peut établir sans dommage. L'appareil doit pouvoir effectuer 50 cycles ouverture / fermeture avec un courant à la valeur du P.F. On peut aussi le combiner à

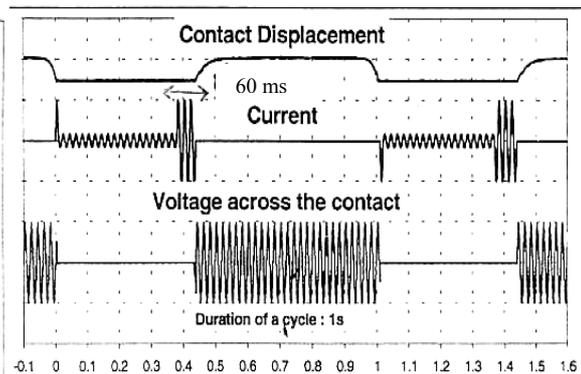
l'essai de détermination du pouvoir de coupure (P.F./P.C.) qui mesure le courant maximal que le contacteur peut couper. Ces essais sont beaucoup plus endommageants que les essais de P.F. seuls. Les valeurs d'intensité à établir ou à couper sont fixées par un multiple du calibre de l'appareil (correspondant à l'intensité nominale I_n) ;

- Les essais d'endurance ou de fonctionnement conventionnel en service : ils caractérisent l'usure résultant d'une utilisation normalisée de l'appareil. Ceux-ci se réalisent aux intensités fixées par les catégories d'emploi par un multiple du calibre à l'ouverture et à la fermeture. Un traitement mathématique¹⁹ permet de déduire la durée de vie pour un contacteur subissant plusieurs des services correspondant à plusieurs types de catégories d'emploi.

Les essais AC caractérisent essentiellement la durée de vie des contacts. Les contacteurs fonctionnent généralement en AC3 (figure 1.8) et AC4 (figure 1.9).



1.8



1.9

Figures 1.8. et 1.9. Chronogramme d'essais de type AC3 et AC4

Le déplacement des contacts, le courant les traversant et la tension à leurs bornes sont repérés de haut en bas. Les cycles durent une seconde.

Les essais AC3 comportent des fermetures avec un courant de six fois la valeur de l'intensité nominale I_n tandis que les essais AC4 comportent des ouvertures et des fermetures sous $6.I_n$.

L'érosion pour les essais AC4 est principalement due aux arcs d'ouverture. Les cycles d'ouverture et de fermeture contribuent également à l'érosion pour les essais AC3²⁰. De nombreux essais de laboratoire sont basés sur les essais AC3 et AC4.

1.3.5. Essais de laboratoire pour les contacteurs

Certains types d'essais de laboratoire permettent d'étudier les propriétés de non-soudure des contacts; d'autres exacerbent les problèmes de fonctionnement en service.

Les essais peuvent être considérés comme statiques ou dynamiques selon la méthode utilisée pour générer l'arc électrique. Pour les essais dynamiques de fermeture, l'arc apparaît lorsque les contacts se rapprochent l'un de l'autre d'une distance inférieure à la distance diélectrique (distance au-dessus de laquelle le diélectrique est en quantité et qualité suffisantes pour interdire le claquage). Inversement, quand les contacts conduisant le courant se séparent, la rupture du pont de métal liquide formé par échauffement localisé conduit à l'apparition d'un arc électrique. Pour les essais statiques, la génération de l'arc est plus complexe. L'échauffement résultant du passage du courant dans un fil de métal le fait exploser. On trouve aussi des systèmes d'amorçage de l'arc au moyen d'une impulsion haute tension. Ils permettent de s'affranchir du mouvement des pièces mais modifient profondément la physiologie de l'arc électrique. Au contraire des essais dynamiques permettent de rendre compte précisément de ce qui se passe dans les contacts. Pour autant, il est impossible de supprimer l'influence du mouvement relatif des contacts sur la dynamique intrinsèque de l'arc.

On considère généralement deux types d'essais dynamiques : les essais critiques, tels que les essais de fermeture sous fort courant et les essais d'endurance. Ils mesurent deux choses antinomiques. Les essais critiques caractérisent le comportement du matériau dans des conditions difficiles, celui-ci, par exemple, ne doit pas souder tandis que les essais d'endurance évaluent la durée de vie des pastilles.

L'érosion à la fermeture, mise en évidence lors de certains essais critiques, dépend essentiellement de trois facteurs ²¹ :

- La durée et la vitesse d'accostage ;
- L'énergie du rebond généré lors de l'accostage ;
- La composition et les caractéristiques des contacts.

Dans les essais d'endurance, les contraintes mécaniques générées par l'arc lors de l'ouverture des contacts conduisent à leur érosion²².

1.4. Arc électrique

1.4.1. Structure d'un arc électrique

Un arc électrique est généralement constitué de trois grandes zones : une colonne d'arc (souvent appelée colonne positive) et deux pieds d'arcs (anodiques et cathodiques), comme sur la figure 1.10.

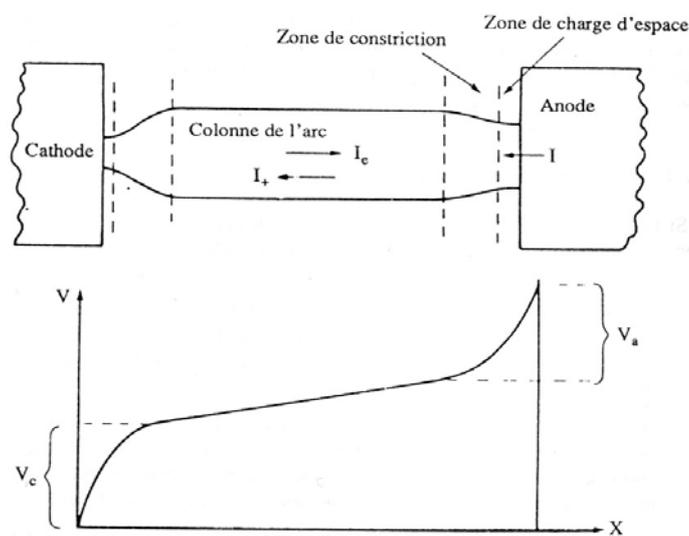


Figure 1.10. Schéma de la structure d'un arc électrique (d'après FECHANT²⁷)

La colonne est souvent assimilée à un plasma cinétique globalement neutre. Dans la colonne positive, le champ électrique est constant : la tension décroît donc linéairement. La colonne contient trois types de corps : des électrons, des particules neutres ainsi que des ions positifs ou négatifs (mais avec généralement plus d'ions positifs que négatifs pour des raisons de conservation de la charge). Elle est le siège de flux contraires d'électrons et d'ions négatifs, d'une part et d'ions positifs, d'autre part.

Les pieds d'arcs sont de type anodique ou cathodique. Le modèle de BEILIS²³ présente souvent un pied d'arc cathodique comme une succession de quatre zones. Ce sont, en partant de la cathode, la zone balistique, la zone de relaxation des particules lourdes, la zone de relaxation des électrons émis et la zone d'expansion.

Pour le pied d'arc anodique, on trouve la zone de charge d'espace et la zone de perte d'énergie appelée aussi zone de constriction. Contrairement à la colonne, l'évolution de la tension avec la distance aux électrodes commence par augmenter puis diminuer. La différence de tension entre l'électrode et l'extrémité de la colonne d'arc, nommée chute anodique ou cathodique est constante pour un matériau d'électrode donné. Elle est généralement de l'ordre de quelques volts. On a donc une relation affine entre la longueur d'un arc et sa tension inter-électrodes.

1.4.2. Histoire d'un arc électrique à l'ouverture

L'évolution d'une striction électrique due à un arc est représentée sur la figure 1.11²⁴.

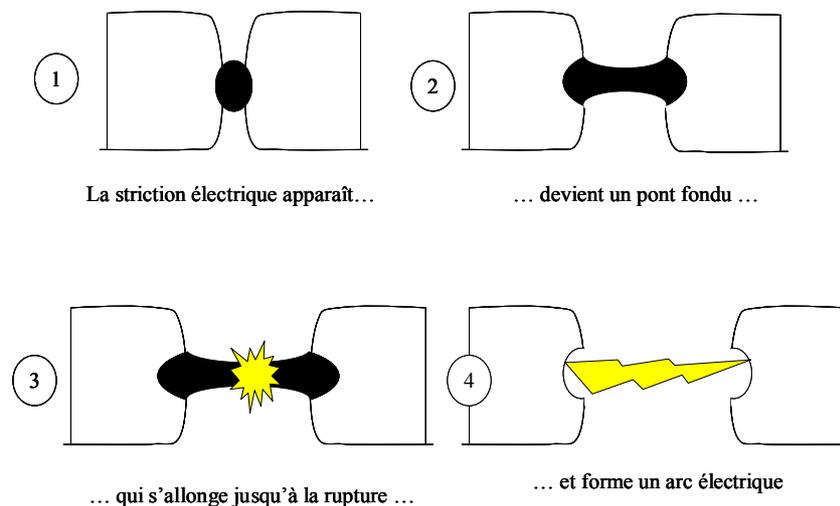


Figure 1.11. Schéma de l'évolution d'un pont fondu symétrique

En mode passant, le courant percole à travers l'interface entre les contacts par des taches de contact. Lors de l'ouverture, leur nombre diminue ainsi que leur surface²⁵. Parallèlement, leur température croît par effet Joule jusqu'à atteindre la température de ramollissement puis de fusion de l'argent²⁶ pour une zone elliptique dont le diamètre dépend de la température de striction, de la température de fusion, de l'intensité parcourant la striction électrique et du rapport des résistivités entre l'état solide et l'état liquide²⁷. Il y a apparition d'un pont fondu entre les contacts²⁸. Ce pont va s'étirer jusqu'à atteindre l'instabilité et la rupture. La tension augmente alors de la tension de fusion jusqu'à la tension d'arc (soit 0,37V pour l'argent). Le centre du pont passe à l'état gazeux et produit un plasma d'argent. Le calcul montre que les pressions d'argent gazeux sont alors de l'ordre de 1 bar²⁹. Ce plasma métallique

est très vite remplacé par un plasma constitué des gaz atmosphériques (azote et oxygène). La rupture du pont fondu peut conduire à une érosion importante³⁰.

Une bonne compréhension de la physique de l'arc a permis l'invention du fonctionnement limiteur.

1.4.3. Fonctionnement limiteur

L'objectif d'un disjoncteur limiteur est de faire s'éteindre l'arc avant le zéro de courant. Pour cela, il va conduire l'arc à augmenter sa tension jusqu'à dépasser celle du réseau. L'arc et le réseau s'opposent : l'arc va alors s'éteindre (figure 1.12).

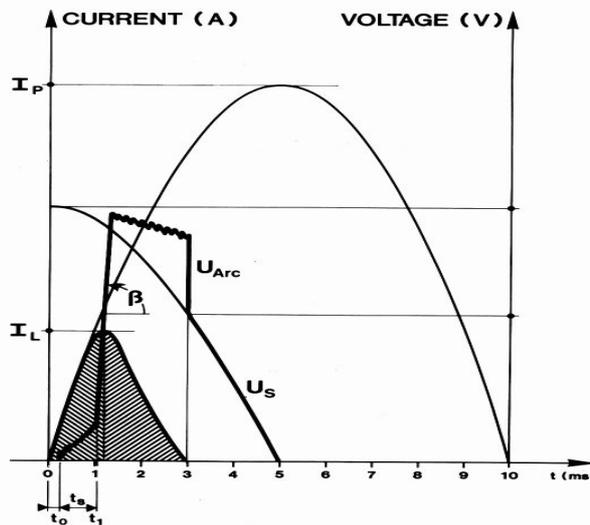


Figure 1.12. Chronogramme illustrant le principe de la limitation en courant

Le courant présumé à couper I_p entraînerait la destruction de l'appareil. Le fonctionnement limiteur va permettre d'éteindre l'arc pour une intensité I_L bien inférieure à I_p . L'appareil va conduire l'arc à augmenter sa tension U_{arc} jusqu'à ce qu'elle dépasse la valeur du secteur U_s . L'arc et le secteur s'opposent : l'intensité (grisé) tombe à 0 en 3ms au lieu de 10ms s'il avait fallu attendre l'extinction de l'arc avec l'annulation du courant du secteur.

Ceci permet une réduction conséquente de la taille des appareils et une plus grande efficacité. Le fonctionnement limiteur est obtenu en fractionnant l'arc dans un ensemble d'ailettes. Ce système n'est possible que sur les appareils de basse tension alternative.

Par la suite, nous allons nous intéresser aux propriétés que doivent présenter les contacts électriques pour garantir durée de vie, comportement sûr dans les phases critiques et faible échauffement en mode passant.

Conclusion

Les disjoncteurs et les contacteurs sont les deux applications principales des matériaux de contact électrique à matrice argent. Les disjoncteurs ont principalement une mission de sécurité électrique, même en cas de courant intense. A l'inverse, même si les contacteurs doivent pouvoir couper le courant dans des conditions parfois difficiles, ils doivent être en mesure d'effectuer un grand nombre de manœuvres dans des conditions normales d'usage.

Cette différence de comportement se traduit par des structures différentes. La structure des disjoncteurs comme des contacteurs est complexe et obéit à des règles de construction très précises. Tout est fait pour que l'arc électrique apparaissant lors de l'établissement ou la coupure du courant génère le moins de dégâts possible dans l'appareil.

Les normes d'utilisation des disjoncteurs et des contacteurs conditionnent pour une bonne part la structure des appareils. Les normes applicables en France, les normes IEC, définissent des utilisations idéalisées des appareils et caractérisent leur durée de vie dans ces conditions.

Il existe aussi de nombreux essais de laboratoire permettant de tester tout ou partie des caractéristiques des matériaux de contacts. Ils sont le plus souvent dérivés des essais normalisés.

Dans le chapitre qui va suivre, nous allons nous intéresser aux caractéristiques principales des matériaux de contact électrique pour définir un cahier des charges.